

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-241607

(P2000-241607A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 3/00  
B 2 9 D 11/00  
// B 2 9 K 101:10  
105:32

識別記号

F I  
G 0 2 B 3/00  
B 2 9 D 11/00

テーマコード\*(参考)

A 4 F 2 1 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-40357

(22) 出願日 平成11年2月18日(1999.2.18)

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 松本 研二

東京都新宿区中落合2丁目7番5号ホーヤ株式会社内

(72) 発明者 細田 啓次

東京都新宿区中落合2丁目7番5号ホーヤ株式会社内

(74) 代理人 100091362

弁理士 阿仁屋 節雄 (外2名)

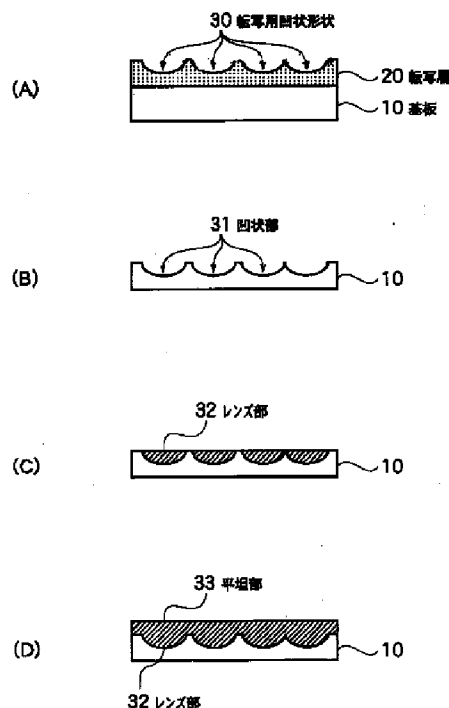
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロレンズアレイの形成方法およびマイクロレンズアレイ

(57) 【要約】

【課題】 光学特性に優れ、かつ所望の光学特性を有するマイクロレンズアレイの形成方法及びマイクロレンズアレイを提供する。

【解決手段】 基板10上に、該基板10に転写する複数の微小な転写用凹状形状30を有する転写層20を形成し、この転写層20の表面側からその表面形状を保存しながら全面をほぼ一様に除去する処理を転写層20がなくなるまで続けることによって、転写層20の転写用凹状形状30を基板10に転写して基板に微小な凹状部31を形成し、次いで、これら微小な凹状部31に基板10の屈折率よりも高い屈折率を有する充填物質を充填してレンズ部32を形成することにより、マイクロレンズアレイを得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明な基板に複数の微小な凹状部を形成する凹状部形成工程と、該凹状部形成工程によって形成された凹状部に前記基板の屈折率よりも高い屈折率を有する充填物質を充填してレンズ部を形成するレンズ部形成工程とを有し、  
前記凹状部形成工程は、複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を前記基板上に形成する転写層形成工程と、該転写層の形状を基板に転写して基板に複数の微小な凹状部を形成する転写工程とを有することを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項2】 請求項1に記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記転写層形成工程は、前記転写層を構成する転写物質層を前記基板上に形成し、該転写物質層上にマイクロレンズアレイの配列に応じた微小開口部を形成したレジストマスクを形成し、該レジストマスクを介してエッチングを行うことにより、前記転写物質層に複数の微小な転写用凹状形状を形成して転写層を得る工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項3】 請求項1に記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記転写層形成工程が、マイクロレンズアレイの配列に対応して壁状物を前記基板上に形成し、前記壁状物の間に液状物を供給して転写用凹状形状を有する転写層を形成する工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項4】 請求項1に記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記転写層形成工程は、前記基板上に感光性樹脂層を形成し、該感光性樹脂層に、マイクロレンズアレイ形状に対応したパターンが形成されたフォトマスクを用い、該フォトマスクと前記感光性樹脂層との間隔を $20\mu\text{m}$ 以上離して露光、現像することにより、複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を形成する工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項5】 請求項1に記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記転写層形成工程は、前記基板上に感光性樹脂層を形成し、該感光性樹脂層に、マイクロレンズアレイ形状に対応したパターンが形成された階調マスクを用いて露光、現像することにより、複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を形成する工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項6】 請求項5に記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記階調マスクが微小なドットで形成されてなることを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項7】 請求項1ないし6のいずれかに記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記転写層の形状を基板に転写する転写工程が、ドライエッチングにより行われることを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項8】 請求項7に記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記転写工程におけるドライエッチングの速度が前記基板のドライエッチング速度と前記転写層のドライエッチング速度とで異なることを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項9】 請求項1ないし8のいずれかに記載のマイクロレンズアレイの形成方法において、

前記基板が、複数の微小な凹状部を形成する凹状部形成基板と、該凹状部形成基板を支持する支持基板とを有することを特徴とする請求項1乃至特許請求項8記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項10】 請求項1ないし9のいずれかに記載のマイクロレンズアレイの形成方法で形成されたマイクロレンズアレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はマイクロレンズアレイの形成方法およびマイクロレンズアレイに関するものである。

【0002】

【従来の技術】マイクロレンズアレイは数百 $\mu\text{m}$ 以下の微小なレンズが一次元もしくは二次元にアレイ状に配列したものであり、光エレクトロニクス分野において広く知られている。例えば、液晶素子の各画素に対応したマイクロレンズアレイを用いると、ブラックマトリックスによって遮光される光を各画素に集光することができ、光利用効率を向上させることができる。(N I K K E I MICRODEVICES, (12)129, (1991), 青木 正、National Technical Report, 36, (3) Jun. 116(1990))。また、アレイ状に配列された光ファイバーと受光素子の結合部にマイクロレンズアレイを使用すると光受光効率を向上させることができる。

【0003】このようなマイクロレンズアレイは、基板上に微小な凸形状のレンズを形成するもの、イオンを含む基板を別のイオン源と接触させてイオン交換により生じた屈折率の分布によりレンズの効果を生じさせる屈折率分布型のマイクロレンズアレイ、基板に微小な凹型形状を形成し、この凹型形状内に基板より屈折率の高い充填物質を充填して凸レンズを形成する構造等が提案されている。

【0004】基板に微小な凹型形状を形成して凹型に基板より屈折率の高い充填物質を充填して凸レンズを形成する構造は、得られるマイクロレンズアレイの表面自体は平坦に形成できるので、反射防止膜、干渉フィルタ、ピンホール等の光学素子との複合化や液晶素子との張合わせ等が容易であり、製造上で極めて有利であると

いう利点有している。

【0005】基板に微小な凹型形状を形成してこの凹部に高屈折率物質を充填して凸レンズを形成するマイクロレンズアレイの形成方法としては、ウェットエッチングによる方法が知られている。この方法はガラス等の基板に微小開口部を有するエッチングマスクを形成し、ふっ酸等のエッチング液中に浸漬し、微小開口部からエッチング液によって等方性ウェットエッチングを行い、ガラス等の基板に半球状凹型形状を形成し、次いでエッチングマスクを除去して、凹型形成部に基板より屈折率の高い充填物質を充填する方法である。なお、この充填物質としては、ポリカーボネートやアクリルスチレン共重合樹脂等の有機物が一般的に知られている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、ウェットエッチングによるマイクロレンズアレイの形成方法では、等方性エッチングのため形成できるマイクロレンズの形状は、微小開口部の大きさで決定され、任意な形状のマイクロレンズアレイの形成は極めて困難である。また、用いる基板もエッチング液によりエッチングできる必要があり、基板を構成する材料も石英ガラス等の限られたものしか使用できない。

【0007】本発明は、上述したマイクロレンズアレイ形成方法およびマイクロレンズアレイの問題点を鑑みてなされたものであり、任意な形状を有するマイクロレンズアレイが形成でき、かつ用いる基板の材料も任意な材料が選択できるマイクロレンズアレイの形成方法および光学特性に優れたマイクロレンズアレイを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために第1の発明は、透明な基板に複数の微小な凹状部を形成する凹状部形成工程と、該凹状部形成工程によって形成された凹状部に前記基板の屈折率よりも高い屈折率を有する充填物質を充填してレンズ部を形成するレンズ部形成工程とを有し、前記凹状部形成工程は、複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を前記基板上に形成する転写層形成工程と、該転写層の形状を基板に転写して基板に複数の微小な凹状部を形成する転写工程とを有することを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0009】第2の発明は、第1の発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記転写層形成工程は、前記転写層を構成する転写物質層を前記基板上に形成し、該転写物質層上にマイクロレンズアレイの配列に応じた微小開口部を形成したレジストマスクを形成し、該レジストマスクを介してエッチングを行うことにより、前記転写物質層に複数の微小な転写用凹状形状を形成して転写層を得る工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0010】第3の発明は、第1の発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記転写層形成工程は、マイクロレンズアレイの配列に対応して壁状物を前記基板上に形成し、前記壁状物の間に液状物を供給して転写用凹状形状を有する転写層を形成する工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0011】第4の発明は、第1の発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記転写層形成工程は、前記基板上に感光性樹脂層を形成し、該感光性樹脂層に、マイクロレンズアレイ形状に対応したパターンが形成されたフォトマスクを用い、該フォトマスクと前記感光性樹脂層との間隔を $20\mu\text{m}$ 以上離して露光、現像することにより、複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を形成する工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0012】第5の発明は、第1の発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記転写層形成工程は、前記基板上に感光性樹脂層を形成し、該感光性樹脂層に、マイクロレンズアレイ形状に対応したパターンが形成された階調マスクを用いて露光、現像することにより、複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を形成する工程を含むことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0013】第6の発明は、第5の発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記階調マスクが微小なドットで形成されてなることを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0014】第7の発明は、第1乃至第6のいずれかの発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記転写層の形状を基板に転写する転写工程が、ドライエッチングにより行われることを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0015】第8の発明は、第7の発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記転写工程におけるドライエッチングの速度が前記基板のドライエッチング速度と前記転写層のドライエッチング速度とで異なることを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0016】第9の発明は、第1乃至第8のいずれかの発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法において、前記基板が、複数の微小な凹状部を形成する凹状部形成基板と、該凹状部形成基板を支持する支持基板とを有することを特徴とする請求項1及至特許請求項8記載のマイクロレンズアレイの形成方法である。

【0017】第10の発明は、第1乃至第10のいずれかの発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法で形成されたマイクロレンズアレイである。

【0018】

50 【発明の実施の形態】図1は本発明の実施の形態にかか

るマイクロレンズアレイの形成方法の説明図である。この実施の形態にかかるマイクロレンズアレイの形成方法は、(1)基板上に、該基板に転写する複数の微小な凹状部の形状を有する転写層を形成する転写層形成工程(図1(A)参照)と、(2)この転写層の形状を基板に転写して基板に複数の微小な凹状部を形成する転写工程(図1(B)参照)と、(3)この転写工程によって形成された凹状部に基板の屈折率よりも高い屈折率を有する充填物質を充填してレンズ部を形成するレンズ部形成工程(図1(C)、(D)参照)とを有する。以下、図1を参照にしながら実施の形態にかかるマイクロレンズアレイの形成方法を説明する。

#### 【0019】(1)転写層形成工程

この工程は、基板10上に、該基板10に転写する複数の微小な凹状の球面あるいは非球面形状を有する転写用凹状形状30を有する転写層20を形成する転写層形成工程である。

【0020】ここで、基板10はマイクロレンズアレイに用いる波長に対し透明であることが必要であり、 $Al_2O_3$ 、基板や $MgO$ 基板等の金属酸化物からなる基板、 $SiC$ や $SiN$ 、 $MgF$ 等のセラミック基板、シリコン基板や $GaAs$ 基板、石英ガラスやアルミナシリケートガラス等の各種ガラス基板、ポリエチレンテレフタレート(PET)やポリカーボネートやポリウレタンやエポキシ樹脂等のプラスチック基板、あるいはこれらの複合基板等が適宜選択される。

【0021】転写層20は、基板10上に転写物質層21(図2参照)を形成し、この転写物質層21に、転写用凹状形状30を形成したものである。転写物質層21は、転写用凹状形状30を形成できるポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリカーボネート、ポリウレタン、エポキシ樹脂、ポリイミド、ポリイミド前駆体、ポリビニルアルコールやヒドロキシエチルセルロース等の水溶性高分子等の有機高分子、あるいはこれらの複合材料が適宜選択される。また、 $Al_2O_3$ や $MgO$ 等の金属酸化物、 $SiC$ や $SiN$ 等のセラミック、シリコン、石英ガラスやアルミナシリケートガラス等の各種ガラス等を用いることも可能である。

【0022】転写物質層21は、基板10上の全面に形成してもよく、また、マイクロレンズアレイを形成する部位に部分的に形成してもよい。転写物質層21の形成方法は、スクリーン印刷、スピンコート、真空蒸着、スパッタ、CVD等公知の方法が用いられる。また、形成する転写物質層21の厚みは、所望するマイクロレンズアレイの形状により適宜決定されるが、 $0.05\mu m$ から $100\mu m$ 程度が好ましい。

【0023】転写用凹状形状30の形成方法は、機械加工により形成する方法、凸型を有するプレス型を用いて転写層上加圧あるいは加熱と加圧により形成する方法、光硬化性樹脂を基板上に載置し凸型を有するプレス

型を用いて加圧と光照射により光硬化性樹脂を硬化させて形成する方法、凸型を有する射出成型型を用いて射出成型により形成する方法、あるいは、微小開口部を有するレジストマスクを用いてエッチングによって形成する方法等が用いられる。特に、微小開口部を有するレジストマスクを用いてエッチングにより形成する方法は、他の方法に比較して高精細な球面状の転写用凹状形状を効率よく形成できる優れた方法である。

【0024】図2は微小開口部を有するレジストマスクを用いてエッチングによって転写用凹状形状30を形成する方法の説明図である。この方法は、まず、基板10上に転写物質層21を形成する。次に、この転写物質層21上にマイクロレンズアレイの配列に応じた微小開口部3を設けたレジストマスク2を形成する(図2(A)参照)。次に、このレジストマスク2をマスクにしてウェットエッチング又はドライエッチングを行い、転写用凹状形状30を形成する(図2(B)参照)。次いで、レジストマスク2を除去して基板10上に転写層20が形成されたものを得る(図2(C)参照)。

【0025】ここで、レジストマスク2は、微小開口部3を介して微小な転写用球面凹型形状を転写層に形成する工程で侵されない材料を適宜選定され、 $Au$ 、 $Cr$ 、 $W$ 、 $Ta$ 等の金属または、 $ITO$ や $MgO$ や $Al_2O_3$ 等の金属酸化物、エポキシ樹脂やノボラック樹脂等の有機化合物等が用いられる。微小開口部3の形状は所望するマイクロレンズアレイの配置に対応して形成され、その開口部の大きさは、所望するマイクロレンズの径と同じ大きさか、または小さい形状であることが必要である。

【0026】微小開口部3の形成方法は、レジストマスク2を形成可能なインクを用い、スクリーン印刷や凹版印刷等の印刷により微小開口部3以外の部位にレジストマスク2を形成する方法、基板10上全面にレジストマスク2を形成する材料を形成し、フォトリソグラフィの工程を用い微小開口部3を形成する方法、微小開口部3を形成する部位をあらかじめマスクングした後全面にレジストマスク3を形成する材料を形成し、マスクングした部位を除去し微小開口部3を形成する方法等が用いられる。

【0027】微小開口部3を介して行うウェットエッチングは、転写物質層21はエッチングするがレジストマスク2はエッチングしないエッチング溶液に浸漬し、微小開口部3から転写物質層21の一部を等方的にエッチングすることによって行う。

【0028】この場合のエッチング溶液としては、フッ酸水溶液、硫酸水溶液、硝酸水溶液、塩酸水溶液またはこれらの酸水溶液の混合溶液からなる水溶液、炭酸ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、ヒドラジンやアミン化合物のアルカリ性溶液、アセトンや酢酸ブチル等の有機溶剤等から選定され

る。

【0029】微小開口部3を介して行うドライエッチングは、転写物質層21をエッチングし、レジストマスク2をエッチングしないエッチングガスを含む気層中で処理し、微小開口部3から転写層21の一部が等方エッチングされる工程を行う。このときの気層中のエッチングガスとしては、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{Cl}_2$ 等の成分を含むプラズマ反応性ガスが好適である。

【0030】レジストマスク2を除去する方法は、レジストマスク2を構成する材料により適宜選択され、酸水溶液、アルカリ溶液や有機溶剤によるレジストマスク2の溶解除去やドライエッチングによるレジストマスク2の除去等が用いられる。また、レジストマスク2は必ずしも除去する必要はなく、マイクロレンズアレイの光路に影響しない場合は除去工程は不要である。

【0031】図3は転写用凹状形状を有する転写層20を形成する他の方法の説明図である。図3に示される方法は、基板10上に、マイクロレンズアレイの配列に対応して壁状物5を形成し(図3(A)参照)、少なくともこれら壁状物5の間に液状物51を供給し、この液状物を乾燥することにより転写用凹状形状30を有する転写層20を形成するものである。

【0032】図3(A)において、壁状物5はマイクロレンズアレイの配列に対応して形成され、その形状は4角形、6角形、8角形等の多角形や円形で基板10上に形成配置される。

【0033】壁状物5は、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリカーボネート、ポリウレタン、エポキシ樹脂、ポリイミド、ポリイミド前駆体、ポリビニルアルコールやヒドロキシエチルセルロース等の水溶性高分子等の有機高分子、あるいはこれらの複合材料が適宜選択される。また、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ や $\text{MgO}$ 等の金属酸化物、 $\text{SiC}$ や $\text{SiN}$ 等のセラミック、シリコン、石英ガラスやアルミナシリケートガラス等の各種ガラス等を用いることも可能である。

【0034】壁状物5の形成方法は、壁状物5を形成可能なインクを用い、スクリーン印刷や凹版印刷等の印刷により形成する方法、基板10上全面に壁状物5を形成する材料を形成し、フォトリソグラフィの工程を用い壁状物5を形成する方法、壁状物5を形成する部位をあらかじめマスクングした後全面に壁状物5を形成する材料を形成しマスクングした部位を除去し壁状物5を形成する方法等が用いられる。

【0035】液状物51は、揮発性溶液に不揮発性物質が溶解されてなるものであり、ゾルゲル溶液や有機高分子を溶剤に溶解した溶液が有効である。

【0036】また、壁状物5内に液状物51を供給する方法としては、基板10上面に液状物を塗布する方法を用いることができる。基板10上面に液状物を塗布する

方法としては、スクリーン印刷、カーテンコート、ディッピング法、スピンコート等の方法が好ましい。液状物を塗布・乾燥することにより、液状物の表面張力により壁状物5の壁面に球面状あるいは非球面状の凹状形状が形成される。なお、その場合、壁状物5の上にも多少の液状物51が残ってもよい。

【0037】マイクロレンズアレイの配列に対応した壁状物5を基板10上に形成後、該壁状物全面に液状物51を塗布後乾燥することにより微小な転写用凹状形状を形成する方法をとることにより、凸型を有するプレス型等を用いずに転写用凹状形状30を形成できるため、高精細な転写用凹状形状が効率よく形成できる。

【0038】図4は転写用凹状形状を有する転写層20を形成するさらに他の方法の説明図である。図4に示される方法は、転写物質層としての感光性樹脂層7が形成された基板10上にマイクロレンズアレイの配列及び形状に対応した微細パターンが形成されたフォトマスク83を、基板10の表面から $20\mu\text{m}$ 以上の間隔において載置し、露光した後、現像することにより、転写用凹状形状30を有する転写層20を得るものである。

【0039】感光性樹脂7はプリント基板や半導体製造工程等で使用されている公知の感光性樹脂が使用でき、基板10に形成する方法もスクリーン印刷、カーテンコート、ディッピング法、スピンコート等公知の方法が用いられる。フォトマスク83は、ガラスやプラスチック等の透明支持体に光を透過する部分と遮光する部分を形成したものであり、感光性樹脂層7として光分解性感光性樹脂を用いた場合は、転写用凹状形状30を形成する部分に光が透過するフォトマスクを用い、光重合性感光性樹脂を用いた場合は、転写用凹状形状30を形成する部分に光が透過しないフォトマスクを用いる必要がある。

【0040】ここで、感光性樹脂層7とフォトマスク83の間隔を $20\mu\text{m}$ 以上開けることにより、透過光が回折し、マイクロレンズを形成する中心部分と周辺部分に光量の差が生じる。上述の様に感光性樹脂層を形成し $20\mu\text{m}$ 以上の間隔を開けて露光した感光性樹脂層7を現像液で現像することにより、転写用凹状形状30が得られる。

【0041】ここで、感光性樹脂層7とフォトマスク83の間隔は $20\mu\text{m}$ 以上開ける必要があるが、広く開け過ぎると回折光量が多くなり、転写用凹状形状30の形状が形成できなくなる。この間隔は用いる露光装置に依存するが、 $200\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。この方法によれば、凸型を有するプレス型等を用いずに転写用凹状形状30を形成できるため、高精細な転写用凹状形状を効率よく形成できる。

【0042】図5は転写用凹状形状を有する転写層20を形成するさらに他の方法の説明図である。図5に示される方法は、転写物質層としての感光性樹脂層7が形成

された基板10上にマイクロレンズアレイの配列及び形状に対応した微細パターンが形成された階調マスク84を、基板10の表面に載置し(図5(A)参照)、露光した後、現像することにより、転写用凹形状30を有する転写層20を得る(図5(B)参照)ものである。

【0043】感光性樹脂7は、プリント基板や半導体製造工程等で使用されている公知の感光性樹脂が使用でき、基板10に形成する方法もスクリーン印刷、カーテンコート、ディッピング法、スピンコート等公知の方法が用いられる。

【0044】階調マスク84は、ガラスやプラスチック等の透明支持体に光を透過する部分と遮光する部分を形成したものであり、図5(C)に示す様にマイクロレンズアレイの各マイクロレンズに対応する部分が光透過量が段階的に変化する構成である。ここで、光透過率を段階的に変化させる階調マスクは、遮光部を形成するCr等の材料の厚みを変化させ、透過量を段階的に変化させる構成、光透過量が異なる材料を順次形成する構成である。

【0045】また、より好ましい階調マスクとして、感光性樹脂7の解像度と同程度以下の微小なドットを用い、この微小なドットを形成する密度を順次変化させ、光透過量を段階的に変化させる構成が有効である。

【0046】また、階調マスク84は、感光性樹脂層7として光分解性感光性樹脂を用いた場合は、転写用球面凹形状34を形成する部分に段階的に光が透過するフォトリソマスクを用い、光重合性感光性樹脂を用いた場合は、転写用凹形状30を形成する部分に段階的に光が透過しない階調マスクを用いる必要がある。

【0047】上述の様に、感光性樹脂層7を形成し、階調マスク84を用いて露光した感光性樹脂層7を現像液で現像することにより、転写用凹形状30が得られる。

【0048】この場合、階調マスク84を用いることにより、光透過量が段階的に変化し、感光性樹脂層7の現像量が段階的に変化し、転写用凹形状30が得られる。さらに、階調マスク84の光透過量の変化を制御することにより、転写用凹形状30の形状を球面とすることも非球面とすることも可能である。

【0049】上述の階調マスクを用いる方法は、凸型を有するプレス型等を用いずに転写用凹形状30を高精度でかつ効率よく形成できるという利点を有するほか、転写用凹形状として、球面形状のほかに非球面状のものも容易かつ効率よく形成することを可能にするという優れた利点を有する。

【0050】(2) 転写工程

この工程は、上述の転写層形成工程で形成された転写層20の形状を基板10に転写して基板に複数の微小な凹形状部31(図1(B)参照)を形成する工程である。ここで、転写用凹形状30を基板10に転写する方法と

しては、エッチング法、サンドブラスト法、もしくは、イオンミリング等による方法が可能である。

【0051】この転写工程に用いる方法としては、特に、ドライエッチング法を用いれば、精度よく、且つ効率的に複数の微小な凹形状部31を基板10に形成できる。ドライエッチングの中でも、 $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $SF_6$ 、 $NF_3$ 、 $Cl_2$ 等の反応性ガスを用いるリアクティブイオンエッチングが好適である。この場合、転写用凹形状30のドライエッチング速度と基板10のドライエッチング速度が異なる条件でエッチングすると、転写用凹形状30の形状を増幅した微小な凹形状部31を形成することができ、マイクロレンズアレイの光学特性を制御することが可能である。

【0052】この点をさらに具体的にいえば、転写用凹形状30のドライエッチング速度より基板10のドライエッチング速度が2倍早い場合、基板10に形成される微小な凹形状部31の深さは、転写用凹形状30の深さの2倍になる。また、転写用凹形状30のドライエッチング速度に対して基板10のドライエッチング速度が0.5倍である場合、基板10に形成される微小な凹形状部31の深さは、転写用凹形状30の深さの0.5倍になる。

【0053】また、転写用凹形状30のドライエッチング速度と基板10のドライエッチング速度の比をドライエッチング工程で変化させると、非球面な曲率を有する微小な凹形状部31が得られ、非球面なマイクロレンズアレイが形成でき、マイクロレンズアレイの光学特性を制御することが可能である。

【0054】ここで、転写用凹形状30のドライエッチング速度と基板10のドライエッチング速度は、用いる基板10の材質と、転写層20の材質の組み合わせにより変化させることができる。また、ドライエッチングの方法、使用するガス種等のドライエッチングの条件により変化させることができる。

【0055】(3) レンズ部形成工程

この工程は、上記凹形状部形成工程によって形成された複数の微小な凹形状部31に基板10の屈折率よりも高い屈折率を有する充填物質を充填してそれぞれレンズ部32を形成し、マイクロレンズアレイを形成する工程である。

【0056】基板10より屈折率の高い充填物質は、マイクロレンズアレイに用いる波長に対し、散乱が少なく、透明であることが必要であり、ポリエチレンテレフタレート(PET)やポリカーボネートやポリウレタンやエポキシ樹脂等のプラスチック、あるいはこれらの複合物質等が適宜選択される。特に、分子鎖中にSを含んでいる有機物は屈折率が高く有効である。

【0057】基板10より屈折率の高い充填物質を凹形状部31に充填する方法は、用いる充填物質の特性により適宜選択され、液状物質を塗布して硬化する方法、溶融

して接着させる方法、モノマーを供給し、熱又は光で重合させる方法等が用いられる。なお、レンズ部32を形成した後は、形成した面を研磨して平坦にすることも好ましい。

【0058】また、充填物質を凹状部31に充填する態様としては、図1(C)に示した様に、基板10の凹状部31内のみ充填物質を充填する態様のほかに、図1(D)に示した様に、凹状部31内に充填物質を充填すると同時に、基板10の表面上にも充填物質を塗布し、充填物質による平坦部33を形成するようにしてもよい。

【0059】なお、図6に示したように、基板10の裏面に、該基板10の機械的強度を補強するために支持基板11を取り付けることも好ましい。これによれば、基板10の材質として機械的強度による制約を受ける事なく、凹状部31の形成の容易性のみを考慮に入れて選択することができるから、より適切な材料を選ぶことが可能となる。この場合、基板10及び支持基板11は、用いる光に透明である必要があり、基板10は凹状部31を形成し易い樹脂等の有機高分子材料が好ましく、支持基板11は機械的強度が強いセラミックスやガラスが好適である。

【0060】上述のマイクロレンズアレイの形成方法で形成されたマイクロレンズアレイは、高精度であり、光学特性に優れ、かつ、平板なマイクロレンズアレイが形成でき、他の光学素子との集積化が容易である。本発明のマイクロレンズアレイの形成方法およびマイクロレンズアレイは、液晶素子上に形成されるマイクロレンズアレイや光ファイバーと受光素子の結合部使用されるマイクロレンズアレイ以外にもレーザーディスク、コンパクトディスク、光磁気ディスク等の光ピックアップ用集光レンズ、一次元イメージセンサーやLEDプリンターの結合素子等の光エレクトロニクス分野においても利用できる。

【0061】次に、本発明を実施例によりさらに詳細に説明する。

(実施例1) 図7は本発明の実施例1にかかるマイクロレンズアレイの形成方法の説明図である。以下、図7を参照しながら実施例1を説明する。

【0062】厚み1.1mmの無アルカリガラス(NA40:HOYA株式会社製)からなる基板10上に転写層20としてポリイミド前駆体(商品名:セミコファイン811株式会社東レ製)を塗布し、その上にレジストマスク2を構成するフォトレジスト(商品名:AZ1350;クラリアントジャパン製)を塗布し、微小開口部形成用フォトリソマスクを用い露光し、アルカリ現像液で現像することにより、微小開口部3を形成するとともに、この微小開口部3を通じて前記ポリイミド前駆体の転写層20の一部を前記アルカリ現像液で溶解することにより、転写用凹状形状30を転写層20に形成した(図7

(A)参照)。

【0063】この場合、微小開口部3の配置は、80 $\mu$ mピッチで40mm角内に格子状に配置されており、形成された転写用凹状形状30の深さは1 $\mu$ mであった。次に、酢酸ブチルを用いレジストマスク3を溶解除去させ、深さ1 $\mu$ mの微小な転写用凹状形状30が形成された転写層20を有する基板10を得た(図7(B)参照)。

【0064】次に、転写層20の転写用凹状形状30を形成した面側から、平均粒子径20 $\mu$ mのSiC研磨剤を用いてサンドブラスト装置で全面を研削を行ない、転写用凹状形状30を保存しながら研削を続け、これを転写層20がなくなるまで行なうことにより、転写層20の転写用凹状形状30を基板10に転写し、基板10に、深さ1.5 $\mu$ mの微小な凹状部31を多数形成した(図7(C)参照)。

【0065】次に、基板10の凹状部31が形成された面に対し、基板10より屈折率の高い物質からなる充填物質であるポリサルホン(例えば、アモコパフォーマンスプロダクツ社の商品名UDELP-1700等)を塗布し、200℃で加熱熔着させ、冷却後形成面を研磨し、図7(D)に示されるマイクロレンズアレイを得た。

【0066】上述のマイクロレンズアレイは焦点距離のばらつきが $\pm 1.8\%$ で極めて良好なマイクロレンズアレイであった。

【0067】(実施例2) 図8は本発明の実施例2にかかるマイクロレンズアレイの形成方法の説明図である。以下、図8を参照しながら実施例2を説明する。

【0068】厚み0.7mmの石英ガラスからなる基板10上にフォトリソ(商品名:AZ1350;クラリアントジャパン製)を0.8 $\mu$ mの厚みでスピコートにより塗布して感光性樹脂層7を形成し、この感光性樹脂層7にマイクロレンズアレイの配列部分が光透過するフォトリソマスク83を用いて露光した(図8(A)参照)。

【0069】次に、この感光性樹脂層7をアルカリ現像液で現像後、200℃1時間加熱することによって、幅1 $\mu$ m、半径24 $\mu$ m、高さ0.7 $\mu$ mの円形の壁状物5を得た(図8(B)参照)。次に、ポリビニルアルコール5wt%を含む水溶液を壁状物7を形成した基板上10にディップコートし、60℃で2時間乾燥し、図8(C)に示される転写用凹状形状30を基板10上に形成した。

【0070】次に、基板10を平行平板型プラズマエッチング装置を用い、CHF<sub>3</sub>プラズマガス中40分間エッチングを行い、転写用凹状形状30の形状を基板10に転写し微小な多数の凹状部31を形成した(図8(D)参照)。この場合、基板10のエッチングレートは、転写用凹状形状30のエッチングレートの2.5倍

であり、微小な凹状部31の深さは1.4 $\mu$ mであった。

【0071】次に、微小な凹状部31を形成した面に対し、基板より屈折率の高い充填物質である熱硬化性クレゾヘルノボラック型エポキシ樹脂を塗布し、マイクロレンズアレイを得た(図8(E)参照)。このマイクロレンズアレイは焦点距離のばらつきが $\pm 8\%$ で極めて良好であった。

【0072】(実施例3)図9は本発明の実施例3にかかるマイクロレンズアレイの形成方法の説明図である。以下、図9を参照にしながら実施例3を説明する。

【0073】厚み0.7mmの石英ガラスからなる基板10上に感光性樹脂(商品名:AZ1350;クラリアントジャパン製)を1.2 $\mu$ mの厚みでスピンコートにより塗布し、マイクロレンズアレイの配列部分が光透過するフォトリソマスクを用い、フォトリソマスクと感光性樹脂層との間隔を22 $\mu$ m離し、露光後、アルカリ現像液で現像し、幅2 $\mu$ m、半径12 $\mu$ mの転写用凹状形状30を得た(図9(A)参照)。

【0074】次に、基板10を平行平板型プラズマエッチング装置を用い、 $CF_4$ プラズマガス中40分間エッチングを行い、転写用凹状形状30の形状を基板10に転写し、微小な凹状部31を形成した(図9(B)参照)。基板10のエッチングレートは、転写用凹状形状30のエッチングレートの0.8倍であり、微小な球面凹状部31の深さは0.96 $\mu$ mであった。

【0075】微小な凹状部31を形成した面に対し、基板10より屈折率の高い充填物質であるSiをスパッタ法により形成し、形成面を研磨し平滑にし、マイクロレンズアレイを得た(図9(C)参照)。このマイクロレンズアレイは焦点距離のばらつきは $\pm 7\%$ で極めて良好なマイクロレンズアレイが形成できた。

【0076】(実施例4)図10は本発明の実施例4にかかるマイクロレンズアレイの形成方法の説明図である。以下、図10を参照にしながら実施例4を説明する。

【0077】Si支持基板11上に100 $\mu$ mフッ素樹脂からなる基板10を形成し、その上に感光性樹脂(商品名:CD-500;アサヒ化学研究所製)を2.4 $\mu$ mの厚みでスクリーン印刷により塗布し、感光性樹脂層7を形成し、マイクロレンズアレイの配列部分の光透過率が段階的に変化する階調マスク84を用いて露光した(図10(A)参照)。

【0078】次に、この基板を、35℃に加温した1%炭酸ナトリウム水溶液からなる現像液で現像後、半径63 $\mu$ m、深さ1.8 $\mu$ mの転写用凹状形状30を形成した(図10(B)参照)。なお、階調マスク84は、図10(E)に示した様に、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズ配列部分に対し、マイクロレンズ中央10 $\mu$ mの円部分の光透過率は0%、その外側5 $\mu$ m

の円部分は光透過率は5%、その外側5 $\mu$ mの円部分は光透過率は10%、その外側5 $\mu$ mの円部分は光透過率は20%、その外側5 $\mu$ mの円部分は光透過率は30%、その外側5 $\mu$ mの円部分は光透過率は50%、その外側2 $\mu$ mの円部分は光透過率は100%である階調を有する階調マスクである。この階調84マスクは2 $\mu$ mのドットの配置密度で透過光量を制御してある。

【0079】次に、基板10を平行平板型プラズマエッチング装置を用い、 $CH_4$ と $CF_4$ 混合ガスのプラズマ中40分間エッチングを行い、転写用凹状形状30の形状を基板10に転写し、微小な凹状部31を形成した(図10(C)参照)。基板10のエッチングレートは、転写用凹状形状30のエッチングレートの3.8倍であり、微小な凹状部31の深さは6.8 $\mu$ mであった。

【0080】次に、微小な凹状部31を形成した面に対し、基板10より屈折率の高い高屈折充填物質である2,5-ジメチルメルカプト-1,4-ジチアン1Mとビドロキシエチルメタクリレート2M、光開始剤(チバガイギ株式会社製の商品名イルガキュア184等)3wt%からなる光硬化樹脂をスピンコートで塗布し、ガラス板からなる対向基板12と張合わせて、高圧水灯を用い1J/cm<sup>2</sup>の紫外線を照射し、マイクロレンズアレイを得た(図10(D)参照)。このマイクロレンズアレイは焦点距離のばらつきが $\pm 7\%$ で極めて良好なものであった。

【0081】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明は、透明な基板に複数の微小な凹状部を形成する凹状部形成工程と、該凹状部形成工程によって形成された凹状部に前記基板の屈折率よりも高い屈折率を有する充填物質を充填してレンズ部を形成するレンズ部形成工程とを有し、前記凹状部形成工程は、前記基板に転写する複数の微小な転写用凹状形状を有する転写層を前記基板上に形成する転写層形成工程と、この転写層の形状を基板に転写して基板に複数の微小な凹状部を形成する転写工程とを有することを特徴とするもので、これにより、光学特性に優れ、かつ任意の光学特性を有するマイクロレンズアレイを効率よく形成することを可能にしている。

【0082】この場合、転写層形成工程として、転写物質層上にマイクロレンズアレイの配列に応じた微小開口部を形成したレジストマスクを形成し、該微小開口部を介して転写層物質層上に転写用凹状形状を形成する方法を採用することにより効率よく転写用凹状形状を形成することを可能にしている。

【0083】また、転写層形成工程として、マイクロレンズアレイの配列に対応した壁状物を基板上に形成後、壁状物全面に液状物を塗布後乾燥して微小な転写用凹状形状を形成する方法を採用することにより効率よく転写用凹状形状を形成することを可能にしている。



【0084】さらに、転写層形成工程として、基板上に感光性樹脂層を形成し、マイクロレンズアレイの配列に対応したフォトマスクと該感光性樹脂層との間隔を20 $\mu$ m以上離して露光、現像して微小な転写用凹状形状を形成する方法を採用することにより効率よく転写用凹状形状を形成することを可能にしている。

【0085】また、上述の転写用凹状形状を基板に転写する転写工程を、ドライエッチングにより行ない、さらに、転写層のドライエッチング速度と基板のドライエッチング速度とを異ならしめることにより、転写用凹状形状の形状を増幅した微小な凹状部を基板に形成したり、あるいは、非球面な凹状部を形成することができ、マイクロレンズアレイの光学特性を精密に制御することが可能な極めて優れたマイクロレンズアレイの形成方法を得ることを可能にしている。

【0086】さらに、前記基板を、微小な凹状部を形成する基板とこれを機械的に支持する支持基板とで構成することにより、微小な凹状部を形成できる基板の材質の選択度を飛躍的に広げることが可能にし、これにより、より高性能なマイクロレンズアレイを得ることを可能に

している。

【0087】また、上述のマイクロレンズアレイの形成方法によって形成されたマイクロレンズアレイは光学特性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるマイクロレンズアレイの形成方法の実施の形態の説明図である。

【図2】転写層形成工程の説明図である。

【図3】転写層形成工程の説明図である。

【図4】転写層形成工程の説明図である。

【図5】転写層形成工程の説明図である。

【図6】基板を支持基板で補強した例を示す図である。

【図7】実施例1の説明図である。

【図8】実施例2の説明図である。

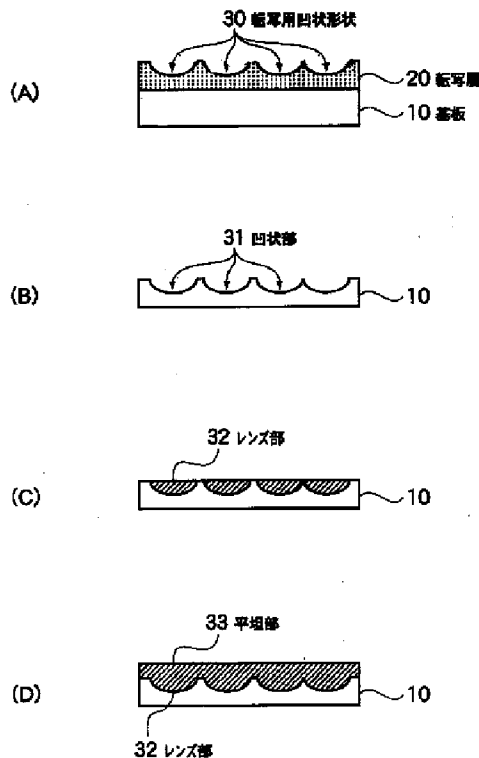
【図9】実施例3の説明図である。

【図10】実施例4の説明図である。

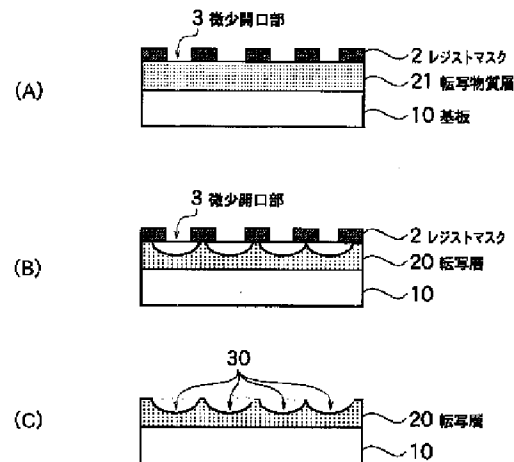
【符号の説明】

10…基板、20…転写層、30…転写用凹状形状、31…微小な凹状部、32…レンズ部、83…フォトマスク、84…階調マスク。

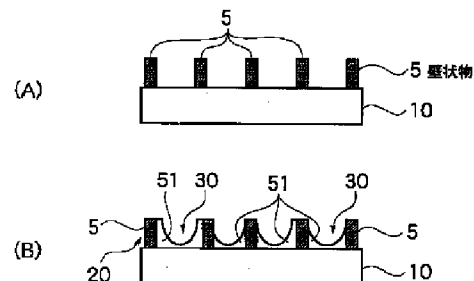
【図1】



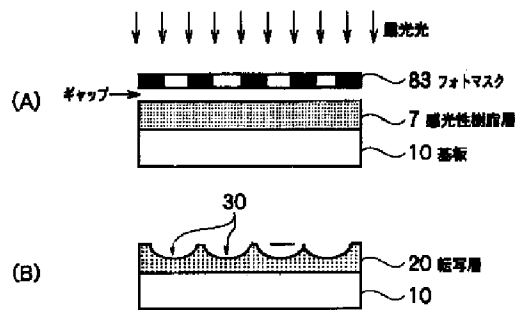
【図2】



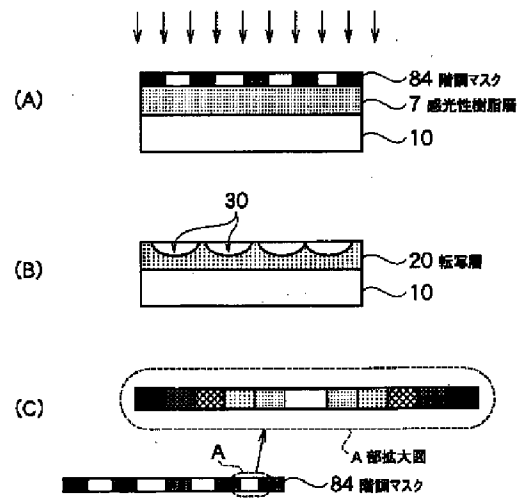
【図3】



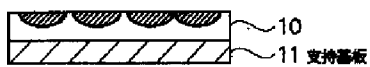
【図4】



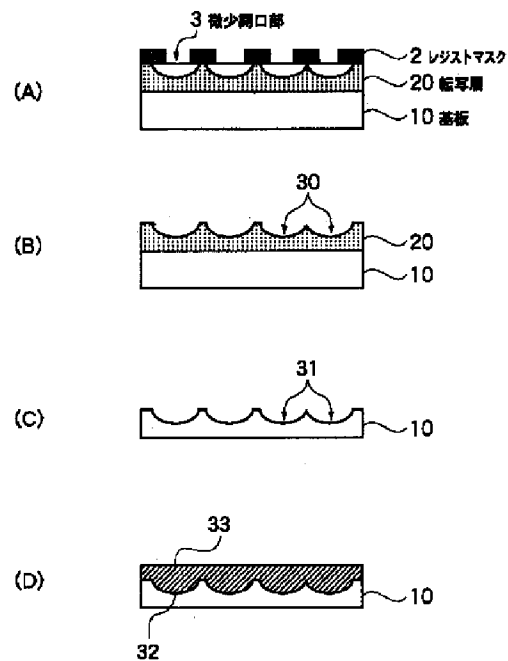
【図5】



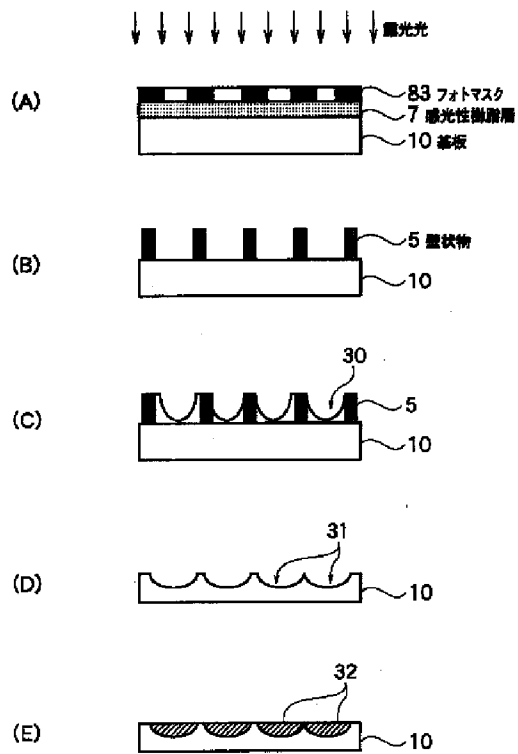
【図6】



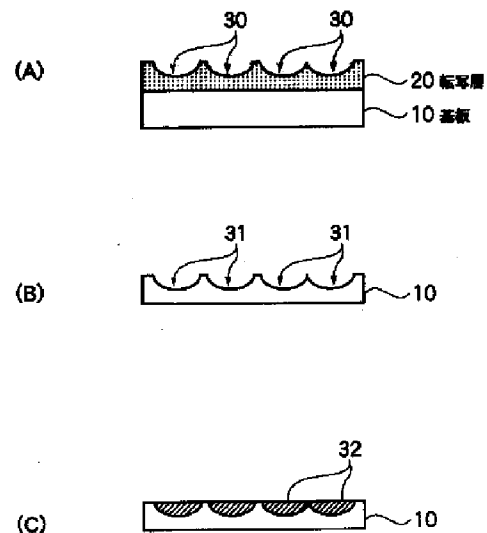
【図7】



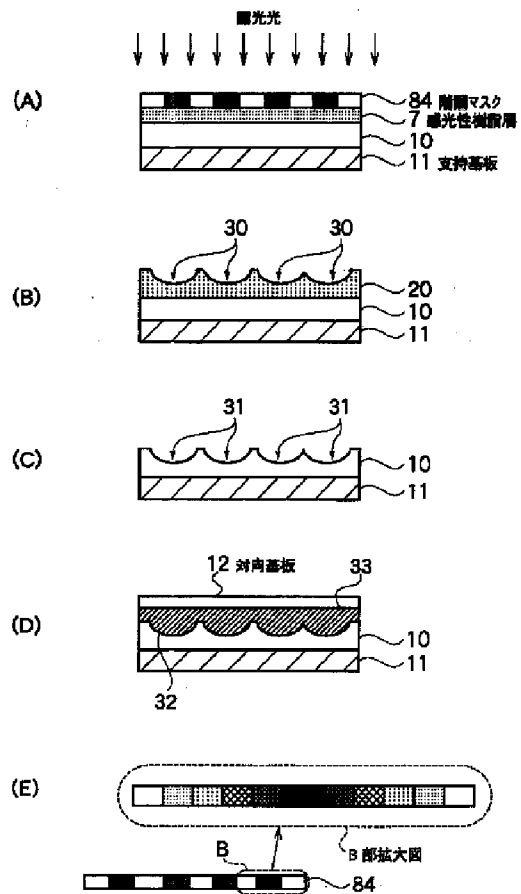
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 重男  
東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号ホーヤ  
株式会社内

F ターム(参考) 4F213 AA44 AH74 WA02 WA53 WA56  
WA58 WA86 WC02